智能物联表及嵌入式操作系统设计与改进

张春晖[1]　张震[2]

（1. 国 网 山 东 省 电 力 公 司 ， 山东 济南 250001；2. 华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100）

摘　要：本文主要讲述了国网智能物联表的发展状况和嵌入式操作系统在设计、应用方面存在的问题。文中提到国网智能物联表招标量上不去一直是电表行业发展的难点，并从多个方面进行了分析。其中，智能物联表采用了嵌入式操作系统平台，但存在一些问题和争议，如成本高、可靠性差、通用操作系统架构效率低等。同时，智能物联表的价格也较高，且扩展功能定位不够准确。文中提到了行业专家对智能物联表嵌入式操作系统设计、应用问题的讨论。专家们认为，目前智能物联表的嵌入式操作系统并没有太多的创新，且采用通用操作系统架构可能导致效率较低、应用不方便和长期运行可靠性难以保证等问题。此外，智能物联表的价格较高，且扩展功能定位不够准确，如选用非介入式负荷识辨等功能在实际应用中可能并不是必需的。在讨论中，专家们还提出了对国网智能物联表嵌入式操作系统的看法和建议。他们认为，操作系统的设计应该根据电表的特点和需求进行定制，而不是简单地采用通用的操作系统。此外，操作系统的可靠性和兼容性也是需要考虑的重要因素。文中还提到了国网智能物联表嵌入式操作系统设计、应用问题的讨论一直在继续，并强调了智能物联表操作系统可靠性设计的重要性。同时，文中还提到了行业专家对智能物联表嵌入式操作系统设计、应用问题的讨论和建议，以及智能物联表操作系统可靠性设计的重要性。

关键词：智能物联表　嵌入式操作系统

中图分类号：TM933.4

Design and improvement of smart IoT meters and embedded operating systems

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]

(1. State Grid Shandong Elect Power Co Ltd,Jinan , Shandong 250001 , China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co. , Ltd. , Jinan , shandong 250100 , China)

Abstract: This paper mainly describes the development status of the State Grid intelligent IoT meter and the problems existing in the design and application of the embedded operating system. The article mentions that the bidding volume of the State Grid intelligent IoT meter has always been a difficulty in the development of the meter industry, and it is analyzed from many aspects. Among them, the smart IoT meter adopts an embedded operating system platform, but there are some problems and controversies, such as high cost, poor reliability, and low efficiency of general operating system architecture. At the same time, the price of smart IoT meters is also high, and the positioning of extended functions is not accurate enough. The article mentions the discussion of industry experts on the design and application of the embedded operating system of the smart IoT meter. Experts believe that

there is not much innovation in the embedded operating system of the current smart IoT meter, and the use of a general operating system architecture may lead to problems such as low efficiency, inconvenient application and long-term operation reliability. In addition, the price of smart IoT meters is high, and the positioning of extended functions is not accurate enough, such as the selection of non-intrusive load identification and other functions may not be necessary in practical applications. During the discussion, the experts also put forward their views and suggestions on the embedded operating system of the State Grid Smart IoT Meter. They believe that the design of the operating system should be tailored to the characteristics and needs of the meter, rather than simply adopting a one-size-fits-all operating system. In addition, the reliability and compatibility of the operating system are also important factors to consider. The article also mentions that the discussion on the design and application of the embedded operating system of the State Grid smart IoT meter has continued, and emphasizes the importance of the reliability design of the operating system of the smart IoT meter. At the same time, the paper also mentions the discussion and suggestions of industry experts on the design and application of the embedded operating system of the smart IoT meter, as well as the importance of the reliability design of the operating system of the smart IoT meter.

Key words:Smart IoT meters　Embedded operating system

0　引言

2022-2023 年，国网智能物联表招标量上不去，一直是电表行业发展的难点 。

1、国网智能物联表招标量上不去，引发业内多方面的高度关注

1）2022 年，国网智能物联表招标量还是不大。

— 2020 年，国网智能物联表首次招标量 1.95 万只。

— 2021 年，国网智能物联表招标量 13.05 万只。

— 2022 年，国网智能物联表招标量 137.4 万只，占全年智能电表（2020 版）招标量（6974 万只）的 2 %。

2）智能物联表是新一代智能电表的创新设计，特别是管理模组首次采用嵌入式操作系统平台 。据说，该操作系统已经稳定，不存在知识产权问题。但是，采用通用操作系统架构，效率相对较低，应用不方便，长期运行可靠性难以证实。由此，受到质疑。

3）智能物联表价格高，是智能电表（2020 版）单价的翻倍；电表扩展功能定位不准 ，首次选用非介入式负荷识辨，省级电网不是必用功能

4）作为电表企业，期望国网尽快改进智能物联表及嵌入式操作系统设计，扩大智能物联表招标量，推进行业发展。

2、国网智能物联表嵌入式操作系统设计、应用问题的讨论

1）问题的提出：2022 年 6 月 2 日，由本文作者撰写、张震翻译的《兰吉尔（Landis&Gyr）：推进新一代（采用物联网通信技术）E360 系列智能电表》发表，引起专家对国产智能物联表设计、应用问题的高度关注，并进行多次热烈讨论。

2）该项讨论一直在继续

— 2022 年 6 月 2 日，行业专家首次讨论提出：国产新一代智能电表的设计缺陷：

• 国网智能物联表，可以 。但成本太高，管理芯的可靠性极差，不建议使用。

• 智能物联表的嵌入式操作系统没有什么创新，只是 ucos 与 linux 系统的衍生产品。

• 进程调度与堆栈无序开支的操作系统，可靠性相对较差，不适用于电能表及要求较高的电力产品。

• 所有操作系统，最后程序都运行在 RAM 中。启动的时候，程序需要从 ROM 拷贝到 RAM 。但 RAM 是数字触发器，可能存在不可靠。需要设计避免在各种极端干扰下，RAM 不发生异常。

— 2022 年 6 月 7 日，行业专家第二次讨论提出对智能物联表嵌入式操作系统设计、应用的意见：

• 现在的嵌入式操作系统，能否应用于国网智能电表（2020 版）上，很关键。

• 嵌入式操作系统内核非常的复杂，电表不用这么复杂。

• 电表的一些问题和特殊要求，应该写入到操作系统。如果光靠系统专家做专用操作系统，会有缺陷。

翼辉的操作系统，能用来做计量？效率相对较低 。

• 任何操作系统和 APP 都有兼容问题

APP，增加设计应用难度。增加一个 APP，必须把所有 APP 环境进行全方位测试，才能保证这个 APP 正常使用。

任何操作系统和 APP，与 MCU 资源分配有关。通用操作系统+APP，不是一个优化解决方案 。定制高主频低成本 ARM9 内核芯片，比现在的方案可行性更高。

• linux 系统的代码运行在 RAM 。如果 RAM 异常，可能导致系统死机，如何解决？

• 由瀚元公司提供的 MOS 嵌入式操作系统。

MOS 系统来源于电能表裸机软件系统。该操作系统是基于电能表模块化软件系统之上形成的操作系统。

— 2022 年 7 月 9 日，本文作者发表《国网：智能物联电能表操作系统开发、应用进程的解读与讨论》，提出对国网《智能电能表功能及软件规范（Q/GDW 12180-2021》的看法

说明：此《智能电能表功能及软件规范（Q/GDW12180 -2021）》以下简称为《国网：12180 规范》。

• 《国网：12180 规范》提出对智能物联表管理模组操作系统及应用软件的主要要求：

其一，明确：管理模组具有的多功能及对编制功能应用软件的要求 。

其二，明确：选用通用操作系统的架构，内核的微控制器及其它重点要求，POSIX 标准接口，以及对操作系统主要性能、测试要求等。

其三，明确：操作系统需要编制出的应用程序，包括基础应用程序、系统管理程序、安全服务程序、扩展应用程序。

• 《国网：12180 规范》编制的不足之处：

其一，未明确：管理模组功能的统一代码。

其二，未明确：选用哪家公司开发的通用操作系统产品？在智能物联表上应用的优点及问题。

其三，未明确：选用通用操作系统内的进程管理（任务调度），内存管理，设备驱动程序，文件系统和网络系统等要求；这些要求，需由电表企业：按《国网：12180 规范》要求，消化、熟悉国网选用的通用操作系统平台后，确定管理模组功能代码，编制出功能应用软件，编制出应用程序，最终保证管理模组在操作系统平台上正常、完整的运作。

可以说，这些未明确的技术要求，正是引发业内软件专家对国网智能物联表操作系统设计、应用的技术争议 。

— 2022 年 7 月 12 日，行业专家 提出：智能物联表操作系统可靠性设计，要从系统整体设计上去解决。

由瀚元提供的电表用 MOS 操作系统，确实做了很多工作，去解决各方面的可靠性问题，应用方便的问题，比如堆栈溢出、应用数据保护。但是，这些都是在系统上打补丁去实现的，而最关键的可靠性，需要系统和应用都加入很多设计才能保证。

但是，为何不能从系统角度去整体考虑可靠性与开发便利性特点？为何一定要用传统的操作系统加入很多的复杂算法去保证可靠性，不计成本。

瀚元提供的 MOS 操作系统，用最精简的架构，最精简的设计，最低的成本，实现操作系统所有的特征，而且有所加强，唯一就是与传统操作系统不一样，因此，不被传统操作系统专家的肯定。

— 2022 年 9 月 26 日，行业专家提出：电能表实际应用问题，（华为）鸿蒙操作系统是否可以解决？现在，鸿蒙操作系统已经在煤矿、交通行业推广应用。

注：2019 年 8 月 9 日，华为正式发布 HarmonyOS 鸿蒙操作系统。

鸿蒙是基于微内核的全场景分布式 OS。微内核只有最基本的调度、内存管理。文件系统都是用户态的守护进程去实现。

现在，鸿蒙主要在手机、物联网上应用 。

— 2022 年 10 月 9 日，行业专家提出：关于电表行业，站在电科院和国网公司，有哪些痛点？

• 标准更新，导致现场产品执行的标准不统一。

• 通信协议更新，导致系统需要兼容多种协议。

• 软件 bug，无法维护，需要现场换表。

• 后续软件功能维护，基本不可能。

• 电表计量之后数据分析功能，未充分开发。

• 设备协议问题，主要还是没有强话语权的优势方。建议参考鉄塔公司在这方面作的探索。

• 随着电力现货市场交易的推广实施，对电表性能提出新要求。这些功能和数据需要进一步挖掘。

• 把表计功能做得太复杂，带来可靠性问题。电能表核心功能是计量，这是根本。在资源、成本允许情况下，其它功能都可以基于这个计量功能去扩展和延伸。

• 功能扩展模块，可以是硬件，也可以是软件。电表操作系统的前提，附加软件扩展功能不影响电表基本功能 。

— 2022 年 11 月 29 日，行业专家讨论对现有国内电表用操作系统的评价

·国内现有开发电表操作系统有：翼辉、智芯、南网丝路、瀚元。其中，智芯的表用操作系统，至今在消息面上都是零星的；南网丝路，与翼辉、智芯都无法竞争。

·智芯的枢纽 4.0 是基于 linux 系统基础上研发的，现在用于断路器产品。测试时，有死机现象。

·瀚元的团队参与智芯的研发，想把 MOS 操作系统的很多优点，放到枢纽 4.0 上。结果，枢纽 4.0 系统太复杂，未能实现。

·翼辉的系统，与 ucos、freertos 这些微内核操作系统相比，有一些优势；但与瀚元的 MOS 操作系统相比，劣势比较明显。比如，APP 在 Cortex M 系列的通用性，翼辉就还没有做好，同一个 APP，不能通用其它厂家的芯片，而瀚元可以通用 。

— 2022 年 11 月 30 日，行业专家讨论鸿蒙操作系统在电表应用的可能性。

·鸿蒙和电表的应用场景不同。（华为）LiteOS 二次开发，用在电表和开关比较合适。

LiteOS 的可靠性可以用在电表上？

注：LiteOS-轻量级的物联网操作系统。2015 年，华为做的一个“端”的操作系统，一个体积在 10kb 级、开源且可帮助小型设备处理信息的操作系统 。

LiteOS 基础内核：实时核，其构成包括：任务；内存；时间管理；硬件相关；IPC 通信；任务同步。LiteOS 缺少轻量进程，缺少单片机 MPU 保护。

·电表没有必要鸿蒙，没有跨平台要求，也没有华丽的 UI，高信息安全等要求。

注：UI 是 User Interface 的简称，即用户界面，介于用户与硬件而设计彼此交互沟通的相应软件。

·（open harmony）能在 M0 内核上用？

注 1：东芝首款 ARM Cortex-M0 微控制器，专为智能电表而设计。其内核构建 32 位 RISC 微控制器。此低功耗 32 位器件结合 Cortex-M0 内核与智能电表专用芯片上的外围设备设计，实现了对传统双芯片式模拟前端（AFE）的更新设计。同时，采用一个芯片内置功率计算引擎，以简化智能电表的功率测量。该功率计量引擎可以计量有功电能、无功电能、功率因数、以及监测电压和频率波动。

注 2：东芝，将 Cortex-M0 应用于智能电表是全球智能电表设计创新，首次说明智能电表设计可以与嵌入式操作系统结合。这一点，对智能电表发展有重要意义。

•基于 Open Harmony 的电表，更可以定义为智慧电表，或者下一代物联网表，是用户设备了，可以和居家设备联动，赋能需求测响应，以及光伏联动等。

其一，电表上行通信大方向 HPLC，家居走 Wifi，连接方便。

其二，Open Harmony 通过蓝牙做居家物联设备的鉴权和自组网，通过 Wifi 做数据通信。

其三，可以采用户内 HPLC 网关。

其四，比如带 Wifi 的空气开关，避免 Wifi 信号不好。

•什么样的嵌入式操作系统适合用于电能表？

其一，早期，有些电表企业研究操作系统，而且移植过操作系统到电表上。但没有批量应用过。

其二，电表即使加很多功能，也只是采集和控制功能，没有 UI 要求，而对应连接是有要求的。但当前趋势连接都有独立外置模块来做。所以采用操作系统没有必要。

其三，电表如果定义为计量设备，不需要强大的操作系统；但既然要上操作系统，电表肯定是跨代的设备。

其四，操作系统和内核是两码事，电表只要内核就够。

•重构一个具备计量功能，物联网功能，可以远程安装和升级非法制计量功能的操作系统，何用？

其一，当前负荷预测需要。

其二，重庆等地在搞充电一张网，后面充电、光伏、居家和商户的空调等能通过物联打通，负荷预测之类的就不是伪需求。

其三，负荷预测、负荷安全识别可能会被推广。

其四，国网对居民用户做负荷识别和预测是需要的。

其五，国网各省在搞纸质签约 ，峰值负荷限电。

其六，对高能耗专变需求响应有意义。

其七，广东试点：电力现货交易是很好的一条路，通过价格杠杆来削峰。

其八，大用户解决高密度数据采集是很重要的需求。

其九，当前采集系统最大瓶颈是 HPLC 采集不行；更不行的是主站的存储和负荷问题。

其十，江苏、浙江、江西等地的线下需求侧响应签约是有价值的。现在期望用技术手段来代替线下签约。

•期待讨论出一个适合物联网电表的最佳匹配系统，也许将是完全知识产权的操作系统。

其一，将所有的电子产品 APP 化，硬件、驱动、应用全面分离。硬件产品出来后，可以现场安装 APP。

其二，内核高可靠性、低资源，应用、驱动、内核独立分离。这是物联网电表操作系统的必要特性。

其三，物联网电表现在是双芯。双芯一定要比单芯成本高。用双芯还是单芯？

符合 IR46 标准，后期低成本升级硬件功能，双芯设计最合适方案。

•用单芯实现 IR46 标准是否可以？

其一，Open Harmony 有 trustzone 安全分区，理论上单芯可以完成硬件级数据加密功能。

其二，用操作系统隔离，后期增加硬件功能就实现不了。

其三，可以用 trustzone 来做隔离空间。一般 ARM 的 Cortex A 处理器都有。

其四，物联表法制计量不变，非法制计量管理和物联网功能如需要升级，单芯解决不了。

•物联网电能表的 APP 升级或安装，需要系统复位？回复：不需要复位；是否影响其它 APP 运行？回复：不影响其它 APP 运行。

•智能家居领域，hple ip 化可能是趋势。但目前国网 ip 化还没有明显的推进。

注：ip，Internet Protocol 的缩写，指国际互联网协议。

其一，国网配电技术规范要求：CoAP over HPLC 。

注 1：可译为 CoAP 物联网协议应用于 HPLC。

注 2：CoAP，一种计算机协议，应用于物联网，基于 REST 架构。

其二，不加 ip 和 UDP 的 HPLC，直接上 CoAP 可以？

不加 ip 的 CoAP 不好搞，CoAP 本身设计在 UDP 上。

注：UDP，User Data grant Protocol 的缩写，用户数据报协议，其特点：无连接、不可靠、快速传输。

其三，HPLC 网关要做好。

• 本文作者未解释的讨论意见：

其一，鸿蒙+分时核对标安卓，鸿蒙+实时核对标 vxworks。

其二，Open Harmony 的内核，支持 linux、liteos、RTOS。

实时性方面，建议使用鸿蒙的 RTOS 内核。

其三，TTU 或 DTU 的大核应用挺好；传感层一般用个小核，大小核配合。

其四，用了 JAVA，微内核时，没有 MMU 也安全。

其五，rust+risc-v 会成趋势？

其六，鸿蒙可以 XIP 运行？

其七，东西向和鉴权指类似 APP 的连接？

其八，如果安全芯片成本不成问题，tee（可信执行环境）和安全芯片可以联合部署。tee 相对安全芯片的优势，是可以支撑更多的应用。

— 2022 年 12 月 3-4 日，行业专家对现有电表的痛点，是否可以用操作系统层面解决的讨论意见：

• 瀚元的 MOS 操作系统 100%的自主知识产权。首先代码完全掌握，100%可自主修改；再是安全可控，各类安全机制完备。

• （嵌入式操作系统）可控，包括技术层面：

其一，操作系统无非是文件管理，内存管理，任务管理等，申请了专利，应该做了相应的优化技术。

其二，一般公开的理论，申请不到专利。知识产权应该有期限。

• 现有的电表，包括高端电能质量装置的痛点问题，可否用操作系统的层面解决？

其一，双芯电表还有一个关键需求，电表和家用电器的互联互通。鸿蒙有个生态，对比翼辉有绝对优势。这个对营销部有吸引力。

其二，在低成本处理器上，比如 M0 的资源，能实现 APP 化开发？

其三，随着 APP 的加载，对 RAM 的需求是否急增？是否会造成内存溢出风险？

其四，增加复杂的算法，是否又增加新的风险？

其五，M4 可以。再低端的 CPU 搞操作系统没有意义。

注：M4，微控制器 Cortex M4。

其六，现在的电表选择 CPU，无硬件的内存管理功能，考虑用软件实现，软件开销大。

其七，现在物联网电表 CPU 可以做到 APP 管理。

其八，现在国网用的都是 M0 处理器。

其九，瀚元，MOS 操作系统可做到除 MPU 功能没有，其它功能全部具备。

·电能表需要什么样的操作系统？

其一，APP 化、低资源、低功耗、低内存溢出风险。

其二，没有 mpu 或 mmu 或 trustzone 等类似硬件技术的安全，只能靠安全语言 java（java，很耗资源）。C 语言不可能在 M0 实现安全。

其三，M0 用狭义的内核，上 OS 没有意义。

其四，电能表在低成本、低资源，实现高可控性，还能 APP 化，才是实力。

在大部分的电能表硬件上，不增加成本和资源情况下，实现以上特点，是电表和电力行业需要的。

其五，如能在 M0 上，实现操作系统，实现各方面的性能，很有挑战性。谁来买单？而且还是一个存在知识产权的操作系统。

·国网双芯电表的前景：

其一，谁来　承担增加成本的风险？管理芯随时存在死机的风险？而知识产权存在疑问，谁拍板？这几个问题讲清楚，双芯才有前途。

其二，国网表 OS 已经稳定了，不存在知识产权。成本、电表技术规范和 698（通信协议）的应用，可能有待计量系统的完善。另外，OS 不是高深莫测，只是生态很难。

其三，能用 M0 实现高安全性的 APP 化操作系统，可以应用于基于现在 90%的电能表硬件上。

• 鸿蒙如何推广应用？

其一，鸿蒙比安卓难，兼容才难。另起炉灶容易。

其二，Open Harmony 操作系统已捐献给国家，其品牌和产权属于开放原子开源基金会，即将成为国家数字底座。

电力系统用鸿蒙是必然的，推进相对其它行业要慢一些。

其三，南网深圳供电局，国网江苏电力已经有开源鸿蒙的产品。回到电表，国网某省公司在研究基于鸿蒙的操作系统。

其四，做电子产品行业，低成本高可靠性是根本。理解不到位，很难做出合适的操作系统。

• 电表技术创新

其一，电表需要生命周期内不出现异常。手机和通信产品，异常后可以复位。

其二，电表技术已经多年不更新了。有鸿蒙加持后，肯定会带来 创新场景。

• 本文作者未解释的讨论意见：

其一，鸿蒙，全球销售与技术、原理是不是华为的，是两码事。

其二，鸿蒙，知识产权。

其三，鸿蒙主要面向 2B，也就是行业市场，不是消费者产品 。

— 2022 年 12 月 9 日，行业专家对 Open Harmony 操作系统在电力系统应用前景的讨论意见：

• 电表、开关、集中器、TTU、DTU、FTU、需要什么样的 OS 已经很明确，翼辉也都有，国网都试点了。

• 鸿蒙在电力系统的应用

其一，鸿蒙是大系统，用在边缘设备很合适，可用在集中器及以上设备；但用在电表上不合适。鸿蒙最小内存要 100k，电表就几十 k。

其二，鸿蒙，电力系统有些进展：

鸿蒙的充电桩正在开发，风电、光伏等也有企业在探索创新场景。鸿蒙，更是发挥分布式物联的价值，助力行业创新。

产品后面同时送 OpenHarmony 基金会和电科院做认证测试：基金会做鸿蒙兼容性测试，电科院做现有的功能性能测试。

注：基金会，业务主管是工信部，注册在民政部。

其三，《Open Harmony 在电力系统的应用与发展白皮书》，由中国能源研究会组织，国网智能院、南网数研院、哈工大电力系统研究所参编。

其四，国网、南网都在推自己的操作系统。但不矛盾，OpenHarmony 是底座，各公司可以基于这个开源底座，做公司自有的发行版操作系统。

• 国家不需要那么多的操作系统，是内耗，都来共建 Open Harmony。基于这个底座，叠加各公司的优势，做发行版就可以了。

中国对技术的认知，可能存在误区。所谓的技术含量，是欧美实现了的那些技术。真要国外封锁，发现处处在卡脖子。

• 先解一下电能表，电能表可靠性有什么组成？再去评估操作系统的可靠性。

其一，电力设备的特点，寿命周期内十多年不允许复位。光这一点，还没有见到哪个操作系统能做到。

其二，如果传统操作系统能够应用到电能表上，估计这个事轮不到中国企业，兰吉尔早做了。

其三，电表技术简单，10 年前搞的技术，现在还在用。

几百块钱的产品，有啥技术含量和门槛。到是高端电能质量表，有点门槛。

其四，电表技术和产品的本质问题，RAM 可靠性，电表低成本高可靠性，电力产品要求生命周期内不复位。

其五，正方意见：做出一批几十万只电表，全生命周期内运行出现故障的比例低于 1%，这是高性能指标。

反方意见：可能 1%，只是行业内比较差的电表企业都能做到。

• 现在的大问题，电网产业公司参与拿走系统和标准的定价权，变成唯一性。

电网产业公司，如智芯、南网科技。

最牛的技术，最终只能和电网产业公司合作。基本上电表行业技术都在躺平，不如搞商业关系。

• 现在 2/3 电表厂家不自主开发产品。现在行业里，投入研发比例较高的是鼎信、威斯顿，威胜免强算一个，海兴海外算一个。

• 本文作者未解释的讨论意见：

其一，鸿蒙系统把语言改为英文，内核直接显示安卓。

其二，从政策层面看，“十四五”纲要明确提出支持开源项目。

其三，矿鸿，在神东煤矿试点，通过分布式物联技术解决煤矿行业部分问题。

其四，鸿蒙，开源系统是完全免费的。系统占内存小，减少硬件成本。

其五，中国电信的天翼物联已经在 OpenHarmony 生态了。推出蜂窝终端代码资源。

其六，《Open Harmony 赋能公路交通数字化转型　开创智能交通新生态》。

其七，5G 智能煤矿什么样？座在地面上可采煤。

其八，开源两年后，金融设备用上 OpenHarmony。

其九，2C 消费级的产品，主要讲体验，而 2B 行业的产品，追求稳定可靠。开源操作系统需要产业界来共建。

其十，华为的要求是电网全部用鸿蒙系统，来完成生态。南网想买断电力版块的版权，最终没有谈下来。

其十一，阿里技术不如华为，但阿里不要钱也可以合作。阿里只要电网数据，搭建自己的电力算法和训练数据模型。反过来，电网也不肯给。

其十二，南网丝路操作系统推出的前前后后。

— 2022 年 12 月 12 日，行业专家对电科院和智芯组合开发智能物联表操作系统的讨论意见：

• 翼辉对电表市场无所谓，细分市场。电网计量部门对翼辉操作系统有些看法。

• 2020 年 4 月，中国电科院和智芯公司成立新的“电科智芯”公司，单独运行，做成果转化。

• 目前，智芯在操作系统投入比较大。

• 电科智芯，现在是个空壳。等智芯操作系统成功，就把所有业务放在电科智芯，从智芯剥离出来。

— 2022 年 12 月 14 日，行业专家对采用操作系统和微控制器做高端电表的讨论意见：

• 鸿蒙可以覆盖所有终端类的 OS；rt-thread 的 rt-smart、翼辉的 ms-rtos，华为的 liteos 改进后用在电表、开关上。

注 1：rt-thread，物联网操作系统，由中国开源社区主导的开源实时操作系统。

注 2：rt-smart，基于 rt-thread 操作系统的衍生新分支，是一款高性能混合微内核操作系统。

• 2015 年，由某公司高级专家介绍：采用 ucos 操作系统+arm（无需 DSP）实现高精度电表。主要介绍希尔波特（注：Hilbert 滤波器）算无功。如不用 OS，需用 DSP。

注：arm，Advanced RISC Machine 的简称，32 位微控制器系列产品。

— 2022 年 12 月 16 日以后，行业专家对鸿蒙智能电表期望的讨论

• 首款鸿蒙生态充电桩已经通过基金会认证；期望首款基于 OpenHarmony 的智能电表尽快面世。

• 目前，Open Harmony 在开放原子开源基金会领导下，有 5000 多个单位共建。

• 鼎信开发的 B+型漏电芯片更高级。

• 需要合作建立中国的嵌入式软件行业认证体系，完全有自主知识产权。

• 本文作者未解释的讨论意见：

其一，信号处理函数使用的栈，是用户态哪个线程？

其二，内核守护线程优先级与 APP 主线程优先级，哪个高？

回复：最高优先级就是实时线程，也有 15 毫秒的时延。

3）本文作者对国网智能物联表嵌入式操作系统设计、应用问题讨论记录的读后感

— 从 2022 年 6 月 2 日-12 月 16 日，行业专家对国网智能物联表操作系统的讨论（11 次），可以归纳出讨论意见 105 条，提炼出重点问题 16 个。下面简要列出重点问题：

·2015 年之前，国内采用 ucos 操作系统+arm 微控制器（无需 DSP），实现高精度电能表。

·（日本）东芝，首款 ARM cortes M0 微控制器专为智能电表设计，内有电表计算引擎。

·电表的特点，在寿命周期内，十多年不允许复位。还没有见到哪个操作系统能做到。

·嵌入式操作系统的可靠性问题

其一，进程调度与堆栈无序开支，引发不可靠。

其二，RAM 异常

其三，瀚元的 MOS 操作系统，做了较多设计改进，解决多方面的可靠性问题，如堆栈溢出，应用数据保护。

通用操作系统加入很多复杂算法，保证可靠性。

为何能从系统角度在整理考虑可靠性和开发便利性。

·电表操作系统的特点？采用何种嵌入式操作系统？

其一，电表一些问题和特殊要求，应该写入操作系统。

其二，翼辉的通用操作系统，相对 效率较低。

其三，瀚元的 MOS 操作系统，采用最精简的设计，最低的成本，实现所有操作系统所有特征，但不被传统操作系统的专家肯定。

其四，（华为）liteos 二次开发，用在电表、开关上比较合适。

其五，电表，没有必要用鸿蒙 ，没有跨平台要求，没有华丽的 UI，高信息安全要求。

其六，操作系统可控方面 ，包括代码可控；各类安全机制完备；技术层面 ，任务管理、内存管理、文件管理做了优化，申请了专利。

其七，需要建立中国的嵌入式软件行业认证体系，完全有自主知识产权。

·电表功能做得太复杂，带来可靠性问题。在资源、成本允许情况下，可以扩展其它功能。

·智芯的枢纽 4.操作系统

其一，枢纽 4.0 用在断路器产品。测试时有死机现象。

其二，瀚元的 MOS 操作系统有较多的优点，想用到枢纽 4.0 上。但枢纽 4.0 太复杂，未能实现 。

• 电表操作系统上 APP 应用

其一，电表操作系统和 APP，对 MCU 资源分配有影响；定制高主频、低成本的 ARM 9 内核芯片方案的可行性更高。

其二，APP 在 Cortex M 系列上应用需要有通用性。

• 智能物联表应用功能

其一，基于 Open Harmony 的电表，更可以定义为下一代物联表，可以和家居设备联动，赋能需要响应，与光伏联动。

其二，电表物联功能：负荷预测，负荷安全识别，削峰限电，充电一张网功能，高耗能专变需求响应 ，电力现货交易，用电价杠杆来削峰。

• 国网双芯智能电表应用前景？单芯片可以实现 IR46 表准要求？

• 目前，国网系统上 IP 化还没有明显的推进。

• 鸿蒙已在电力系统应用，首款鸿蒙生态充电桩已经通过基金会认证。

• 电表技术需更新，10 年前的技术还在用。

• 电网产业公司参与，拿走系统和标准，定价权；电表企业技术都在躺平，不如搞商业关系。

• 2020 年 4 月，中国电科院和国网智芯公司成立新的电科智芯公司，做成果转化。等智芯操作系统成功，所有业务放到电科智芯。

• 现在 2/3 电表企业不自主开发产品；投入研发比例较高的电表企业，主要有鼎信、威思顿、威胜、海兴。

— 本文作者对国网智能物联表嵌入式操作系统后续设计改进的建议

• 汇总、梳理出国网智能物联表操作系统设计改进的讨论意见。

这期国内首次进行物联表操作系统的 11 次讨论，计量专家和国内嵌入式操作系统主要厂商专家参与，讨论通用、专用嵌入式操作系统设计、应用问题，内容广泛，有正反两方面意见的议题较多。

建议由参与讨论的智芯专家，进行梳理、考证，汇总出国网智能物联表操作系统设计改进的讨论意见。

•智芯和中国电科院已成立新的电科智芯公司，等智芯操作系统成功，电科智芯专做操作系统成果转化。可见，智芯已主导国网智能物联表新操作系统开发的重任。期望能听取国内通用、专用嵌入式操作系统厂商专家提出智能物联表操作系统设计改进的意见或合作开发，推出独立、完整新的智能物联表操作系统。

•国网智能物联表操作系统设计改进后，应具有全面的智能物联表操作系统平台技术规范：在《国网 12180 规范》基础上，补充电表统一代码；进程管理、内存管理、设备驱动、文件系统和网络管理及 APP 开发要求。

电表企业，按国网智能物联表操作系统平台技术规范的规定，编制出管理模组功能应用软件，编制出应用程序及 APP 应用程序，最终保证电表及 APP 在新的电表操作系统平台上正常、完整的运作。

•建议由国网计量中心、智芯与国内嵌入式操作系统厂商合作，编制出嵌入式软件认证测试技术规范，并开展认证测试工作。

•在符合 IR46 标准情况下，探索采用智能物联表操作系统+微控制器 Cortex M4，开发出 B 级（1%误差）准确度的电表产品，是否可以代替计量专用芯片？

3、国网智能物联表招标量上不去的难点 ，如何解？

本文第 1 部分已经说明：2022 年国网智能物联表招标量还是不大，影响省级电网对智能物联表的需求因素：电表价格高，扩展功能定位不准确，采用的嵌入式操作系统不适用而受质疑。

为提升省级电网对智能物联表的年需求量，目前能做的是扩展功能重新定位，本文作者建议：月用电量 200kWh 及以上的居民用户都要安装单相智能物联表：

1）按当地供电部门与用户的签约，用户通过智能物联表参与配网负荷削峰调度，或参与虚拟电厂项目的配网负荷调度，供电部门给以经济补偿。

按协议，用户需安装具有非介入式负荷辨识功能的单智能物联表，用以负荷预测，负荷在线监测，超负荷报警，长期超负荷限电或断电。

2）居民户参与配网负荷削峰的效果预计

— 2020 年，国网最高峰负荷 8.2 亿 kW，居民户 4.9 亿户，居民户年用电量 5800 亿 kWh，占国网年售电量的 14%。

— 国网：月用电量 200 kWh 及以上居民户约 8900 万户，可参与配网负荷削峰调度：

•居民户，每户家用电器负荷按 2 kW，8h 用电计算。其中，0.8kW 可参与配网削峰调度。

•经测算：国网月用电量 200kWh 及以上的 8900 万居民户参与配网削峰调度，可削峰 7100 万 kW，占国网年最高负荷的 8.8%，削峰效果比较明显。

3）投资单相智能物联表，电网是否合算？

现有单相智能物联表单价约 600 元。

月用电量 200kWh 及以上用户的平均月用电量按 300kWh 计算，8 年电网回收用户电费 14400 元。投资智能物联表（600 元）占 8 年回收用户电费的 4.1%。

4）国网智能物联表年招标量估计可上升到智能电表年招标总量的 14%。

国网智能物联表安装居民户 8900 万户，按 8 年安装期，每年安装单相智能物联表约 1100 万只，占国网智能电表年招标量底线（7000 万只）的 14%。

参考文献

[1] 张春晖　张震　智能物联表及嵌入式操作系统设计与改进　2023 年 1 月 17 日

作者简介：　张春晖　男，　(1938-)，　从事电能计量技术研究。

通讯作者：　张震　男，　(1977-)，　从事电能计量技术研究　721047546@qq.com